الفصل السابع

السلالات الفسيولوجية لمسببات الأمراض

كان Eriksson – عام ١٨٩٤ – هو أول من أوضح أن الأنواع الفطرية تحتوى على سلالات تختلف فى تطفلها ، أى فى قدرتها على إحداث المرض ؛ فقد وجد أن فطر الصدأ الأسود Puccinia graminis المعزول من نباتات القمح المصابة لم يمكنه إصابة الشوفان ، والشيلم ، وبعض النجيليات الأخرى . وتبين أن العزلات التى أخذت من مدى من العوائل كانت قادرة على إصابة عوائل معينة دون غيرها . وقد حدى ذلك بـ Eriksson إلى تقسيم النوع P. graminis إلى عدة تحت أنواع Subspecies .

وقد تبين بعد ذلك أن أنواع وتحت أنواع الفطريات تختلف فى قدرتها على إصابة أصناف وسلالات العائل الواحد . وكان Barrus عام ١٩١١ هو أول من أوضح ذلك بتمييزه لسلالتين (ألفا ، وبيتا) من الفطر Colletotrichum lindemuthianum (المسبب لمرض الأنثراكنوز) اختلفتا فى قدرتيهما على إصابة أصناف الفاصوليا . كما تبين – فيما بعد كذلك بواسطة Stakman وغيره وجود عدد كبير من السلالات الفسيولوجية ضمن كل من تحت أنواع P. graminis التى حددها Eriksson .

وتعرف السلالات الفسيولوجية Physiological Races بأنها مجاميع من الفطريات أو البكتيريا تنتمى إلى نفس النوع ، وتتشابه مورفولوجيا وفسيولوجيا ، ولكنها تتميز بتباين قدراتها على إحداث الإصابة فى أصناف النوع النباتى (العائل) الواحد (عن Dixon ١٩٨٤) .

إن طفرات المسببات المرضية التى تكون قادرة على إصابة الأصناف الحاملة لجينات معينة من جينات المقاومة الرأسية تتولد وتتواجد - بصورة طبيعية - على جميع النباتات سواء أكانت حاملة لتلك الجينات ، أم غير حاملة لها ، ولكنها تظل مختفية إن كان تواجدها فى حقول غير مقاومة لها ، وتظهر - ويمكن ملاحظتها - إن وجدت هذه الطفرات أو نسلها على صنف مقاوم لها . ولذا .. فإن معدل العثور على طفرات كهذه فى الطبيعة يكون منخفضاً بالنسبة لمعدل ظهورها تحت ظروف المختبر .

ومن وجهة نظر الطفيل .. فإن الطفرات الطبيعية التى تؤدى إلى زيادة الضراوة تعنى فاقدا له ؛ لأن ظهورها على الأصناف غير القابلة للإصابة يعنى ضعفاً فى قدرتها على البقاء على تلك الأصناف .

وعموما .. فإن جينات المقاومة الرأسية التى تكون السلالات القادرة على التغلب عليها متواجدة من قبل إدخال هذه الجينات فى أصناف تجارية فى جينات ضعيفة ، ومن أمثلتها الجينات :R4 ، و R_5 ، وR_{11} ، (Van der Plank ١٩٨٢) .

نشأة السلالات الفسيولوجية

تحتوى السلالات الفسيولوجية الجديدة على جينات جديدة للضراوة تكون قادرة على كسر جينات المقاومة التى تتوفر فى الأصناف التجارية المزروعة . إلا أن أية سلالة جديدة قد تكون - فى واقع الأمر - خليطا من عديد من التباينات الوراثية للمسبب المرضى ؛ فيما يتعلق بالصفات المورفولوجية ، والفسيولوجية ، وربما كذلك فى صفات الضراوة الخاصة بعوائل أخرى تحتوى على جينات أخرى للمقاومة .. إلا أنها تشترك جميعاً فى جين الضراوة المسئول عن كسر مقاومة جين المقاومة فى العائل . ونتناول - فيما يلى - كيفية نشأة السلالات الفسيولوجية فى مختلف المسببات المرضية .

أولاً : الفطريات

تنشأ السلالات الفسيولوجية الجديدة من الفطريات بالوسائل التالية :

١ - الطفرات الجسمية

تعد الطفرات الجسمية Somatic Mutations أكثر الطرق التى تظهر بها السلالات الفسيولوجية الجديدة فى الفطريات ، ذلك لأن احتمال حدوث طفرة فى الجين المسئول عن الضراوة هو احتمال كبير – مهما انخفضت نسبة حدوثه – بالقياس بالأعداد الفلكية لخلايا الفطر – التى يمكن أن تحدث فيها الطفرة – فى أية منطقة جغرافية . وتتوقف قدرة أى طفرة من هذا القبيل – على البقاء – على مدى تأثير هذه الطفرة على العمليات الأيضية الطبيعية للفطر ، وعلى قدرة السلالة الحاملة لها على منافسة السلالات الأخرى ؛ الأمر الذى يتوقف على مدى التوافق – أو عدم التوافق – بين كل منها والأصناف المنتشرة فى الزراعة. وجدير بالذكر أن طفرات الضراوة تتراكم واحدة تلو الأخرى فى نفس العزلة الفطرية ، مما يؤدى إلى ظهور سلالات معقدة Complex Races .

تختلف نسبة حدوث الطفرات باختلاف الفطريات وباختلاف الجينات نفسها (كما فى النباتات الراقية) . كما تختلف الطفرات فى أشكالها المورفولوجية ، وفى نموها ، وضراوتها ، وشدة إحداثها للإصابة aggressiveness . وقد تمكن Flor من إنتاج طفرات من الفطر Melampsora lini المسبب لمرض صدأ الكتان بتعريض جراثيم الفطر اليوريدية لأشعة X ، أو للأشعة فوق البنفسجية .

وإذا حدثت الطفرة فى طور ثنائى التضاعف (٢ ن) ، أو ثنائى النواة dicaryotic (ن + ن) فإنها لا تظهر إلا إذا كانت سائدة . ولذا .. تبقى طفرات الزيادة فى الضراوة مستترة ؛ لأن معظمها متنح إلا فى الحالات التالية :

أ – عندما تحدث نفس الطفرة فى النواة الأخرى بالـ dicaryon ، وذلك احتمال ضئيل للغاية .

ب – بعد مرور الفطر خلال مراحل التكاثر الجنسى واتحاد نواتين بهما نفس العامل المتنحى معاً .

جـ – عندما تجتمع نواتان بهما نفس الطفرة فى dicaryon جديد .

وفيما يتعلق بأعداد الطفرات التى يمكن ظهورها فى أى حقل .. فهى كثيرة للغاية ، ويتضح ذلك من المثالين التاليين :

أ – الفطر Erysiphe graminis hordei المسبب لمرض البياض الدقيقى فى الشعير :

يُقدّر عدد البقع المرضية بنحو $^{9}10$ بقعة / هكتار ، تنتج كل منها $^{4}10$ جرثومة كونيدية يومياً . فإذا كانت المساحة المزروعة بالشعير (فى الولايات المتحدة فى عام ١٩٧٥) ٣.٥ × $^{6}10$ هكتاراً ، وكان معدل حدوث الطفرات $^{-7}10$ .. فإن ذلك يعنى أن الفطر ينتج ٣.٥ × $^{12}10$ طفرة يومياً فى الولايات المتحدة ، و ٣.٥ × $^{5}10$ طفرة مزدوجة .

ب – الفطر Puccinia recondita فى القمح :

إذا كانت ١ ٪ من المساحة الورقية للقمح مغطاة ببثرات يوريدية ناضجة تنتج كل منها ٣٠٠ جرثومة من كل ملليمتر مربع يوميا .. فإن عدد الجراثيم اليوريدية التى تنتج يوميا بكل هكتار يصبح $^{11}10$ جرثومة . فإذا كان معدل حدوث الطفرات لموقع جينى معين هو واحد فى المليون .. فإن ذلك يعنى ظهور ١٠٠ ألف طفرة يومياً فى كل هكتار من القمح (عن Van der Plank ١٩٨٢) .

٢ – التكاثر الجنسى والانعزالات الوراثية

لا يعد التكاثر الجنسى ضروريا فى الفطريات لكى تظهر سلالات فسيولوجية جديدة ، ولكنه يعمل – فى حالة وجوده – على ظهور انعزالات جديدة للجينات عند الانقسام الاختزالى من خلال التوزيع الاعتباطى للكروموسومات ، والعبور الكروموسومى . ومع أن ذلك لا يؤدى إلى ظهور جينات جديدة للضراوة ، إلا أنه يسمح بتكوين طرز جديدة من المسبب المرضى تحتوى على توافيق جديدة من جينات الضراوة ، والجينات التى تجعلها أكثر قدرة على البقاء .

٣ – حالة تعدد الأنوية المختلفة وراثياً

يوجد بكل فطر من ١ – ٣ حالات لأعداد الهيئات الكروموسومية ، حسب نوع الفطر ، وهذه الحالات هى :

أ – الحالة الأحادية Haploid (ن) :

توجد الحالة الأحادية للكروموسومات فى خلايا عديد من الفطريات ، وفى أنواع كثيرة

من الجراثيم ، مثل الجراثيم الكونيدية .

ب – الحالة الثنائية Diploid (٢ ن) :

توجد الحالة الثنائية بعد تزاوج نواتين أحاديتين . ويطلق على اتحاد خليتين جنسيتين – تحتوى كل منهما على نواة واحدة أو أكثر – اسم Plasmogamy ، كما يطلق على عملية اتحاد النوايا اسم Caryogamy . ويتطلب الرجوع إلى الحالة الأحادية عملية الانقسام الاختزالى .

جـ – حالة تعدد الأنوية Karyotic (ن + ن) :

يطلق على الحالة التى توجد فيها نواتان أحاديتان غير مندمجتين فى نفس الخلية اسم dikaryotic ، لأن الكروموسومات توجد فى صورة (ن + ن) . ولو وجد أليل سائد فى إحدى النواتين ، ونظيره المتنحى فى النواة الأخرى فإن الأليل السائد هو الذى يظهر تأثيره.

وتقضى الفطريات المتطفلة معظم دورة حياتها بين الطور الأحادى (ن) ، والطور الـ dicaryotic (ن + ن) ، مع فترة قصيرة بينهما فى الطور الثنائى (٢ ن) .

وعندما تتحد الخلايا الأحادية لتكوين الـ dikaryon فإن الميسيليوم الجديد إما أن يطلق عليه اسم homothallic إذا كانت الخليتان من نفس الميسيليوم ، وإما أن يسمى heterothallic إذا كانت الخليتان من ميسيليومات مختلفة ذات أنواع تناسلية مختلفة . وكان Blakeslee – فى عام ١٩٠٤ – هو أول من اكتشف ظاهرة الـ heterothallism .

يطلق على الخلية التى تحتوى على نواتين أو أكثر مختلفة وراثياً اسم Heterokaryon، ولهذه الظاهرة دور كبير فى ظهور السلالات الجديدة من فطريات الأصداء والتفحمات .

٤ – الانعزالات الجسمية للجينات

تتكون أنوية ثنائية (٢ ن) أحيانا فى الخلايا الفطرية المتعددة الأنوية المختلفة وراثياً heterokaryons باندماج نواتين معاً . ويتبع ذلك – أحياناً – حدوث انعزالات فى هذه الأنوية عند انقسامها ميتوزيا ، نتيجة لما يعرف باسم العبور

الميتوزى Mitotic Crossing Over ، الذى يتبعه الرجوع إلى الحالة الأحادية . وتظهر هذه الانعزالات الجديدة عندما تتكون الجراثيم الكونيدية – وهى غير جنسية – من واحدة من الخلايا المختلفة وراثياً . وقد أطلق Pontecorvo على هذه الظاهرة اسم الدورة خارج الجسمية Parasexual Cycle ، أو Parasexuality .

٥ – التغيرات الوراثية غير النووية

يوجد عديد من الأمثلة على الوراثة السيتوبلازمية لصفات هامة فى الفطريات ، مثل معدل النمو والضراوة . فمثلا .. تعود ضراوة الفطر P.graminis f. sp. avenae المسبب لمرض صدأ الساق فى الشوفان إلى الجين E الذى يورث سيتوبلازميا ، كذلك ترجع ضراوة إحدى سلالات الفطر P. graminis f. sp. tritici على صنف القمح Marquis إلى عامل سيتوبلازمى لا ينتقل إلا عن طريق هيفات الفطر التى تحتوى على السيتوبلازم (عن Dixon ١٩٧٨ ، Manners ١٩٨٢) .

ثانياً: البكتيريا

تعتبر الطفرات أهم مصدر للاختلافات الوراثية فى البكتيريا ، بما فى ذلك ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة الأكثر ضراوة . ونظرا لأن الخلايا البكتيرية أحادية ، لذا .. فإن الطفرات المتكونة تظهر فى الحال . كما تظهر التباينات الجديدة أيضا عن طريق الانعزالات الوراثية التى تحدث بعد اندماج Conjugation خليتين بكتيريتين مختلفتين وراثيا وانتقال المحتوى الكروموسومى – أو جزء منه – من إحدى الخليتين إلى الخلية الأخرى . كذلك تستطيع البكتيريا إنتاج تراكيب وراثية جديدة من خلال ظاهرتى الـ transformation ، والـ transduction ، والتى تتطلب وجود فيروسات بكتيرية bacteriophage لحدوثها .

ثالثاً: الفيروسات

تعد الطفرات الوسيلة الوحيدة التى تظهر بها التباينات الوراثية الجديدة فى الفيروسات. وبالنظر إلى أن الفيروسات توجد بأعداد فلكية فى النباتات ، لذا .. فإنه يتوقع ظهور أعداد كبيرة من الطفرات فى النبات الواحد ، مهما كانت معدلات ظهور الطفرات منخفضة .

وتتعرض الفيروسات النباتية لنقص ، أو لزيادة فى ضراوتها عندما يحقن بها عائل معين لعدة مرات متتالية ؛ لأن العائل يحفز استمرار تكاثر سلالة معينة دون غيرها ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ – انخفاض ضراوة فيرس تجعد قمة البنجر بعد مروره عدة مرات فى Chenopodium murale .

٢ – زيادة ضراوة فيرس إكس البطاطس PVX بعد مروره عدة مرات فى شجرة الطماطم Cyphomandra betacea .

وفى حالات كهذه .. تكون السلالات المختلفة فى شدة ضراوتها متواجدة معاً منذ البداية، ولكن العائل يشجع على تكاثر إحداها على حساب الأخريات (عن Smith ١٩٧٧) .

نظم ترقيم أو ترميز السلالات الفسيولوجية

تتباين الطرق المتبعة لإعطاء الرموز ، أو الأرقام لتمييز السلالات الفسيولوجية عن بعضها البعض كما يلى :

١ – تأخذ سلالات فطريات الذبول الفيوزارى أرقاماً متتابعة .. فمثلاً تعرف السلالات : ١ ، ٢ ، ٣ من الفطر Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici ، وتعرف ١٢ سلالة – تأخذ الأرقام من ١ إلى ١٢ – من الفطر F. oxysporum f.sp. pisi .

٢ – يرمز لسلالات الفطر Phytopthora infestans المسبب لمرض الندوة المتأخرة فى البطاطس بأرقام مركبة مثل :1 ، و 1,2 ، و 1,2,3 ، و 1,2,3,4 ... الخ .

٣ – يرمز لسلالات الفطر Colletotrichum Lindemuthianum المسبب لمرض الأنثراكنوز فى الفاصوليا بالحروف اليونانية ألفا α ، وبيتا β ، وجاما γ إلى تو τ .

٤ – تأخذ سلالات الفطر Uromyces phaseoli فى الفاصوليا رموزاً يتكون كل منها من أحرف وأرقام .

٥ – كانت أول محاولة للابتعاد عن هذه الطرق فى إعطاء الرموز للسلالات الفسيولوجية